

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-217460  
(P2002-217460A)

(43) 公開日 平成14年8月2日 (2002.8.2)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	キーワード* (参考)
H 0 1 L 39/00		H 0 1 L 39/00	Z 4 G 0 4 7
C 0 1 G 1/00		C 0 1 G 1/00	S 4 G 0 4 8
	29/00		4 M 1 1 3
C 0 4 B 41/87		C 0 4 B 41/87	B 5 J 0 0 6
			C

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-312968 (P2001-312968)  
(22) 出願日 平成13年10月10日 (2001. 10. 10)  
(31) 優先権主張番号 特願2000-329597 (P2000-329597)  
(32) 優先日 平成12年10月27日 (2000. 10. 27)  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000006231  
株式会社村田製作所  
京都府長岡京市天神二丁目26番10号  
(72) 発明者 金高 祐仁  
京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内  
(74) 代理人 100079577  
弁理士 岡田 全啓  
Fターム(参考) 4G047 JA03 JC10 KD04 LB01  
4G048 AA05 AB02 AC04 AD02 AE05  
4M113 AC04 AD34 AD36 BA25 BA29  
CA35  
5J006 HA02 HA03 HC03 HC07 HC12  
HC13 LA02

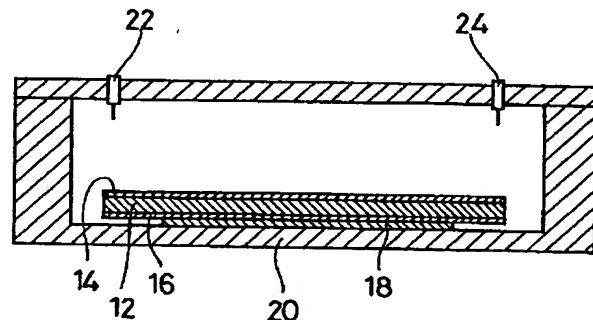
(54) 【発明の名称】 超伝導部品、誘電体共振器および超伝導部品の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 良好な超伝導膜を有する超伝導部品およびその製造方法を提供する。

【解決手段】 超伝導部品としての誘電体共振器10は、Ba元素を含む誘電体基板12を含む。誘電体基板12の表裏面には、超伝導膜電極14、16が形成される。超伝導膜電極14、16は、Ba元素を含む超伝導用厚膜を焼付けて形成される。誘電体基板12は、ポリテトラフルオロエチレンシート18を介して金属ケース20内に固定される。金属ケース20の一端側および他端側には、励振ケーブル22および24がそれぞれ設けられる。

10



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 Ba元素を含む酸化物セラミック基体と、前記酸化物セラミック基体上に形成され、Ba元素を含むBi-Sr-Ca-Cu-O系Bi<sub>2</sub>223相超伝導膜と、を備える超伝導部品。

【請求項2】 前記酸化物セラミック基体と前記超伝導膜との間に形成され、多結晶体または非晶質体からなる中間層を備える、請求項1に記載の超伝導部品。

【請求項3】 前記超伝導膜は、Baと[Ba+Sr]とのモル比が0.02~0.15の範囲にある、請求項1または請求項2に記載の超伝導部品。

【請求項4】 前記酸化物セラミック基体は誘電体である、請求項1ないし請求項3のいずれかに記載の超伝導部品。

【請求項5】 前記酸化物セラミック基体は多結晶体である、請求項1ないし請求項4のいずれかに記載の超伝導部品。

【請求項6】 誘電体上に、酸化物超伝導膜電極が形成されている誘電体共振器であって、前記誘電体はBa元素を含む酸化物セラミックであり、前記酸化物超伝導膜電極は、Ba元素を含むBi-Sr-Ca-Cu-O系Bi<sub>2</sub>223相超伝導膜である、誘電体共振器。

【請求項7】 前記誘電体と前記酸化物超伝導膜電極との間に、多結晶体または非晶質体からなる中間層が形成されている、請求項6に記載の誘電体共振器。

【請求項8】 前記誘電体は、Ba(Sn, Mg, Ta)O<sub>3</sub>系、Ba(Mg, Nb)O<sub>3</sub>系から選ばれた酸化物セラミックである、請求項6または請求項7に記載の誘電体共振器。

【請求項9】 Ba元素を含む酸化物セラミック基体上に、Ba元素を含むBi-Sr-Ca-Cu-O系Bi<sub>2</sub>223相超伝導用厚膜を形成し、前記厚膜を焼付けることにより超伝導膜を形成する、超伝導部品の製造方法。

【請求項10】 Ba元素を含む酸化物セラミック基体の表面に、多結晶体または非晶質体からなる中間層用厚膜を形成し、前記中間層用厚膜を焼付けて中間層を形成し、前記中間層上に、Ba元素を含むBi-Sr-Ca-Cu-O系Bi<sub>2</sub>223相超伝導用厚膜を形成し、該厚膜を焼付けることにより超伝導膜を形成する、超伝導部品の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は超伝導部品、特に誘電体共振器などの高周波部品として用いられる超伝導部品およびその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】臨界温度が110K級のBi<sub>2</sub>223相超伝導体は、たとえばBi-Pb-Sr-Ca-Cu-

Oの化合物からなる。このBi<sub>2</sub>223相超伝導体はAg、MgO単結晶、酸化物セラミック基板といった基体上に形成される。具体例としては、Bi<sub>2</sub>223相超伝導体の前駆体をペースト、すなわち超伝導用ペーストとし、Baを含む基体、たとえばBa(Sn, Mg, Ta)O<sub>3</sub>といった誘電体酸化物セラミック基板上に塗布することにより超伝導用厚膜を形成し、この厚膜を焼付けて超伝導膜を得たものがある。この超伝導膜は誘電体酸化物セラミック基板との界面では目立った異相の形成はなく、ほぼ単相からなるものである。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、高周波領域において、超伝導膜の表面側と誘電体酸化物セラミック基板との界面側との両者について評価すると、超伝導膜の表面側では比較的低い表面抵抗が得られるのに対し、誘電体酸化物セラミック基板との界面側の超伝導膜は非常に高い表面抵抗を示した。高い表面抵抗の存在は超伝導膜と誘電体酸化物セラミック基板との間でのミクロな界面反応によるものと考えられる。そこで、これまではこの界面反応の影響がでない程度に温度を下げて超伝導膜を焼付けたが、この場合、超伝導膜の形成が不十分であり、低い表面抵抗の値のものが得られなかった。一方、上記の超伝導膜の臨界電流密度は、ほぼ単相からなる超伝導膜においても200A/cm<sup>2</sup>（温度77K、0T）と低い値にとどまっておき、誘電体基板との界面付近のみならず超伝導膜の厚み方向に向って、さらには厚みと直交する水平方向に超伝導特性が劣化していることが示唆された。上述の界面反応の様子について研究を重ねたところ、誘電体酸化物セラミック基板などの基体に含まれるBa元素が超伝導膜中へ高濃度に拡散していることが確認された。さらに、基体が多結晶体である場合、超伝導用ペーストを焼付ける際に生成する部分熔融融液が基体の粒界へ浸透していることが確認された。そこで、これらの反応を抑えることで良好な超伝導膜を得ることを課題とした。

【0004】それゆえに、この発明の主たる目的は、良好な超伝導膜を有する超伝導部品およびその製造方法を提供することである。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】この発明にかかる超伝導部品は、Ba元素を含む酸化物セラミック基体と、前記酸化物セラミック基体上に形成され、Ba元素を含むBi-Sr-Ca-Cu-O系Bi<sub>2</sub>223相超伝導膜と、を備える超伝導部品である。この発明にかかる超伝導部品は、酸化物セラミック基体と超伝導膜との間に形成され、多結晶体または非晶質体からなる中間層を備える超伝導部品も含む。この発明にかかる超伝導部品では、超伝導膜は、Baと[Ba+Sr]とのモル比が0.02~0.15の範囲にあることが好ましい。また、この発明にかかる超伝導部品では、酸化物セラミッ

ク基体はたとえば誘電体、あるいは多結晶体である。さらに、この発明にかかる超伝導部品は、たとえば誘電体上に、酸化物超伝導膜電極が形成されている誘電体共振器である。この場合、誘電体はBa元素を含む酸化物セラミックであり、酸化物超伝導膜電極は、Ba元素を含むBi-Sr-Ca-Cu-O系Bi<sub>2</sub>223相超伝導膜である。この発明にかかる超伝導部品は、たとえば誘電体と酸化物超伝導膜電極との間に、多結晶体または非晶質体からなる中間層が形成されている誘電体共振器も含む。また、この発明にかかる超伝導部品は、誘電体が、Ba(Sn, Mg, Ta)O<sub>3</sub>系、Ba(Mg, Nb)O<sub>3</sub>系から選ばれた酸化物セラミックである誘電体共振器も含む。また、この発明にかかる超伝導部品の製造方法では、Ba元素を含む酸化物セラミック基体上に、Ba元素を含むBi-Sr-Ca-Cu-O系Bi<sub>2</sub>223相超伝導用厚膜を形成し、前記厚膜を焼付けることにより超伝導膜を形成する。さらに、この発明にかかる超伝導部品の製造方法では、Ba元素を含む酸化物セラミック基体の表面に、多結晶体または非晶質体からなる中間層用厚膜を形成し、前記中間層用厚膜を焼付けて中間層を形成し、前記中間層上に、Ba元素を含むBi-Sr-Ca-Cu-O系Bi<sub>2</sub>223相超伝導用厚膜を形成し、該厚膜を焼付けることにより超伝導膜を形成する。なお、Bi-Sr-Ca-Cu-O系Bi<sub>2</sub>223相超伝導膜およびBi-Sr-Ca-Cu-O系Bi<sub>2</sub>223相超伝導用厚膜としては、Biの一部をPbで置換したものも含まれる。

【0006】この発明にかかる超伝導部品によれば、Ba元素を含む酸化物セラミック基体の上に、Ba元素を含むBi-Sr-Ca-Cu-O系超伝導膜が形成されているため、基体のBa成分が超伝導膜中に拡散しておらず、超伝導膜の超伝導特性が良好である。また、この発明にかかる誘電体共振器によれば、誘電体上に、酸化物超伝導膜電極が形成されており、前記誘電体がBa元素を含む酸化物セラミックからなり、前記酸化物超伝導膜電極がBa元素を含むBi-Sr-Ca-Cu-O相超伝導膜であるため、誘電体のBa成分が酸化物超伝導膜電極中に拡散しておらず、酸化物超伝導膜電極の超伝導特性が良好である。また、この発明にかかる超伝導部品の製造方法によれば、Ba元素を含む酸化物セラミック基体上に、Ba元素を含む超伝導用厚膜を形成し、この厚膜を焼付けて超伝導膜を形成することにより、焼付け時に、酸化物セラミック基体から超伝導膜中にBa成

分が拡散することを抑制し、超伝導膜の超伝導特性を良好にすることができる。

【0007】この発明の上述の目的、その他の目的、特徴および利点は、以下に記載した発明の実施の形態にもとづく詳細な説明から一層明らかとなろう。

#### 【0008】

【発明の実施の形態】（実施例A）原料粉末として、Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、PbO、SrCO<sub>3</sub>、BaCO<sub>3</sub>、CaCO<sub>3</sub>、CuOを準備した。各原料粉末をBi1.85Pb0.35SrxBayCa2.05Cu3.35O<sub>z</sub>となるように調合した。ここで、xの値は1.8~2.0の範囲となるように、yの値は0~0.4の範囲となるように調合した。また、zの値は、金属元素比により付随的に決まる値であり、本実施例では10.325~10.925の範囲となった。上述の調合物を有機溶媒中でボールミル粉碎した後、780℃で12時間仮焼して仮焼物を得た。この仮焼物を粉碎し、再び780℃で12時間仮焼した後、再度ボールミル粉碎を施して得られた粉末に有機ビヒクルを混ぜて超伝導用ペーストを作製した。次に、直径35mm、厚さ3mmのBa(Sn, Mg, Ta)O<sub>3</sub>系多結晶誘電体からなる誘電体基板（比誘電率： $\epsilon_r = 24$ ）の両端面にこの超伝導用ペーストをスクリーン印刷により塗布することで超伝導用厚膜を形成し、この厚膜を400℃で加熱して有機分を揮発燃焼させて超伝導用厚膜を得た。この超伝導用厚膜を、2 ton/cm<sup>2</sup>の冷間等方圧成形により加圧し、8%酸素雰囲気中で835℃で50時間焼成した。さらに、2 ton/cm<sup>2</sup>の冷間等方圧成形と8%酸素雰囲気中で835℃で50時間の焼成とを繰り返し行い、超伝導膜が形成された試料を得た。次に、得られた試料を無酸素銅からなる金属キャビティ中に入れ、TM010モードの誘電体共振器として20~100Kの温度範囲で無負荷Q（2.1GHz）を測定した。この誘電体共振器において、高周波電磁界はBa(Sn, Mg, Ta)O<sub>3</sub>系多結晶誘電体基板内に集中するため、高周波電流は超伝導膜中において誘電体基板との界面付近に集中して流れる。よって、誘電体基板との界面付近における超伝導膜の性状（表面抵抗）が誘電体共振器の無負荷Qに大きな影響を与える。70Kにおける無負荷Qの値およびそれをもとに計算した超伝導膜の誘電体基板との界面側における表面抵抗をあわせて表1に示す。

#### 【0009】

【表1】

	x(Sr)	y(Ba)	Ba/(Sr+Ba)	z(O)	無負荷Q(at70K)	表面抵抗(mΩ)
比較例1	1.8	0	0.000	10.325	16000	1.50
実施例1	1.8	0.03	0.016	10.355	17000	1.41
実施例2	1.8	0.05	0.027	10.375	27000	0.87
実施例3	1.8	0.1	0.053	10.425	35000	0.66
実施例4	1.8	0.2	0.100	10.525	36000	0.64
実施例5	1.8	0.3	0.143	10.625	23000	1.03
実施例6	1.8	0.4	0.182	10.725	17000	1.41
比較例2	1.9	0	0.000	10.425	24000	0.98
実施例7	1.9	0.03	0.016	10.455	25000	0.94
実施例8	1.9	0.05	0.026	10.475	33000	0.70
実施例9	1.9	0.1	0.050	10.525	51000	0.44
実施例10	1.9	0.2	0.095	10.625	57000	0.38
実施例11	1.9	0.3	0.136	10.725	37000	0.62
実施例12	1.9	0.4	0.174	10.825	26000	0.91
比較例3	2.0	0	0.000	10.525	22000	1.08
実施例13	2.0	0.03	0.015	10.555	23000	1.03
実施例14	2.0	0.05	0.024	10.575	32000	0.73
実施例15	2.0	0.1	0.048	10.625	51000	0.44
実施例16	2.0	0.2	0.091	10.725	55000	0.40
実施例17	2.0	0.3	0.130	10.825	35000	0.66
実施例18	2.0	0.4	0.167	10.925	23000	1.03

【0010】表1に示すとおり、Baの添加量が0の組成である比較例2では、2.1GHz、70Kにおける無負荷Qが24000で、超伝導膜の表面抵抗が0.98mΩであったのに対し、 $x=1.9$ 、 $y=0.2$ 、 $z=10.625$ の実施例10では無負荷Qが57000で、超伝導膜の表面抵抗が0.38mΩであった。この比較例2と実施例10とについて超伝導膜の表面抵抗の温度依存性を図1のグラフに示す。図1のグラフに見られるように、すべての温度範囲にわたってBaを添加した組成の方が低い表面抵抗を有していることが分かる。すなわち、Baを添加した超伝導膜により界面における高周波特性が向上することが分かる。また、表1より、Baの添加量としては、特にモル比で $Ba/(Ba+Sr)=0.02\sim0.15$ の範囲が好ましいことが分かる。

【0011】従来技術の項で説明したように、誘電体基板などの基体からのBa拡散により基体界面側の超伝導膜の電気特性が劣化するが、その劣化機構としては、次の2つが考えられる。第1の劣化機構は、Baを含んだ超伝導膜の化合物はそのBa量に応じて部分熔融温度が連続的に低下することに基づくものである。超伝導用厚膜を焼付ける際に誘電体基板のBaが超伝導用厚膜内に拡散してくると、その拡散量に応じて部分熔融温度が低下してくるため、最適温度で焼付けてもBa拡散によりその焼付け温度は最適でなくなる。特に界面付近においてはBa拡散量が多くなるため、界面付近は結果的に過焼成になり、界面付近の超伝導膜の電気特性は悪くなる。これについては、焼付け処理中に温度を徐々に下げるなどする対策も考えられるが、コントロールが難しく実用的でない。第2の劣化機構は、基体が多結晶体である場合で、焼付け処理中に生成した融液中に基体成分の

Baが拡散し、溶け込むことでこの融液の基体粒界への濡れ性がよくなり、粒界浸透が起こるというものである。融液が粒界に浸透することで、超伝導膜の組成ずれが起こり、特に界面付近の超伝導膜の性状は悪くなると考えられる。

【0012】上述した第1の劣化機構、および第2の劣化機構のいずれにおいても、Baを含む超伝導用厚膜を焼付けて超伝導膜を形成することで、界面付近の特性劣化を抑えることができる。本実施例は基体が多結晶体であるので上記の第1および第2の劣化機構が働いたが、基体が単結晶である場合には第1の劣化機構が働く。基体が単結晶である場合にも、このBaの添加による特性劣化抑制効果がみられることは言うまでもない。また、本実施例では基体材料を $Ba(Sn, Mg, Ta)O_3$ としたが、他のBa系材料である $Ba(Mg, Nb)O_3$ などでも同様の効果がみられる。さらに、円板形状のTM010モードの誘電体共振器でなくとも、誘電体に直接超伝導膜が形成され、かつ超伝導膜において誘電体との界面付近に高周波電流が集中して流れる高周波部品であれば同様の効果を生じることは言うまでもない。

【0013】(実施例B) 実施例Aにおける $x=1.9$ 、 $y=0.2$ 、 $z=10.625$ の実施例10の組成を有する超伝導用ペーストを実施例Aと同じ手法で作製した。次に、矩形形状の $Ba(Sn, Mg, Ta)O_3$ 系多結晶誘電体からなる誘電体基板上に、上述の超伝導用ペーストをスクリーン印刷により、膜厚約 $10\mu m$ となるように塗布することで超伝導用厚膜を形成し、この厚膜を実施例Aと同様の手法で焼付けることにより、超伝導膜を形成した。この超伝導膜の臨界電流密度を直流4端子法で測定したところ、 $3000A/cm^2$  (77K、0T) が得られた。一方、 $x=1.9$ 、 $y=0$ の比

較例2の組成である超伝導用ペーストを用いて上と同じようにして作製した超伝導膜の臨界電流密度は、 $200\text{ A/cm}^2$  (77K、0T)であった。上述の結果から、Baを含まない超伝導用厚膜を用いた場合より、Baを含む超伝導用厚膜を用いた場合の方が、高い臨界電流密度が得られるということが分かる。

【0014】臨界電流密度は直流電流による測定であり、超伝導膜全体の性状がその特性に影響を与える。よって、Baを含む超伝導用厚膜を用いることによる超伝導膜の超伝導特性の改善は、実施例Aのような基板界面近傍だけでなく、超伝導膜の厚さ方向の広い範囲にわたって効果があることになる。これは言いかえと、Baの無添加の組成でみられた界面反応は、超伝導膜の厚さ方向の広い範囲にわたって発生していたことになる。もちろん、界面反応の度合いは、基板との界面付近から超伝導膜表面にかけて次第に緩やかになると考えられる。そして、この臨界電流密度特性の改善により、限流素子や線材といった分野への応用にも効果を発揮できる。

【0015】図2は、この発明の超伝導部品の1つであるTM010モードの誘電体共振器の一例を示す図解図である。図2に示す誘電体共振器10は、誘電体基板12を含む。誘電体基板12の表裏面には、膜状の超伝導膜電極14および16が形成される。この誘電体基板12は、ポリテトラフルオロエチレンシート18を介して金属ケース20内に固定される。金属ケース20の一端側および他端側には、励振ケーブル22および24がそれぞれ設けられる。そして、この誘電体共振器10では、誘電体基板12と超伝導膜電極14および16とに、この発明にかかる超伝導部品におけるBa元素を含む酸化物セラミック基体とBa元素を含む超伝導膜とがそれぞれ用いられる。

【0016】(実施例C)原料粉末として、Baを含むBi1.85Pb0.35Sr1.90Ba0.20Ca2.05Cu3.05O<sub>z</sub>の組成となるように調合した粉末を用い、実施例Aと同様の手法で超伝導用ペーストを作製した。ここで、zの値は金属元素比により付随的に決まる値であり、本実施例では、10.625となった。一方で、図3に示す誘電体基板31を準備した。誘電体基板31は、Ba(Sn, Mg, Ta)O<sub>3</sub>系多結晶誘電体からなり、直径30mm、厚さ3mmである。この誘電体基板31の表面に、Agからなる中間層用ペーストをスクリーン印刷により塗布することで中間層用厚膜を形成し、この厚膜を850℃、1時間で焼付け、中間層32を形成した。さらに、中間層32の上に、上述の超伝導用ペーストをスクリーン印刷により塗布することで超伝導用厚膜を形成し、この厚膜を実施例Aと同様の手法で焼付け、超伝導膜電極33を形成した。ここで、中間層32、超伝導膜電極33とも膜厚は10μmである。図4は、上述の誘電体基板31を用いたTEモードの誘電体共振器を示す図解図である。図4に示す誘電体共振器40にお

いて、誘電体基板31は、図3で示した超伝導膜電極33の形成面を接合面として、誘電体円柱41の一方端部に当接されている。ここで、誘電体円柱41は、Ba(Sn, Mg, Ta)O<sub>3</sub>系多結晶誘電体からなり、直径8.5mm、厚さ3.8mmの円柱状である。誘電体円柱41の他方端部には、無酸素銅板42が当接されている。無酸素銅板42の直径は30mm、厚さは3mmである。さらに、誘電体円柱41を間に置いて、2本の高周波プローブ43a、43bが対向して配置されている。この誘電体共振器40の共振周波数は10.7GHzであり、70Kの無負荷Qを測定したところ、15500を得た。これは超伝導膜電極の表面抵抗にして3.5mΩに相当する。

【0017】次に、この実施例Cの比較例を説明する。この比較例において、特に説明のない箇所については、実施例Aと同じ手法を用いている。まず、Bi1.85Pb0.35Sr1.90Ca2.05Cu3.05O<sub>z</sub>の組成となるように、Baを含まない超伝導用ペーストを作製した。ここで、zの値は金属元素比により付随的に決まる値であり、本比較例では、10.425となった。一方で、Ba(Sn, Mg, Ta)O<sub>3</sub>系多結晶誘電体基板の表面に、Agからなる中間層用ペーストを塗布し、中間層用厚膜を形成し、この厚膜を焼付けて中間層を形成した。さらに、この中間層の上に、上述の超伝導用ペーストを塗布して超伝導用厚膜を形成し、この厚膜を焼付けて、膜厚約10μmの超伝導膜電極を形成した。このような超伝導膜電極を有する誘電体基板を用いて、図4の構成を有するTEモード共振器(共振周波数10.7GHz)を作製し、70Kの無負荷Qを測定したところ、13500であった。これは超伝導膜電極の表面抵抗にして7mΩである。

【0018】上述のように、Baを含む基体上に中間層を形成した場合においても、Baを含む超伝導膜の優位性が発揮できる。これは中間層がAg、すなわち多結晶体からなり、粒界を多く含むことによる。すなわち、中間層の粒界を通じた粒界拡散によりBaを含む基体と超伝導膜電極間の界面反応が起こるためである。なお、この実施例では、中間層が多結晶体からなる場合を説明したが、中間層が、例えばBi-Si-B-O系ガラス等の非晶質体からなる場合も同様の効果が得られる。これは非晶質体の全体が結晶の乱れた状態であり、多結晶体における粒界と同様、拡散のパスが多いためである。この実施例のTEモード共振器においては、超伝導膜の中間層との界面の反対側、すなわち超伝導膜の露出面側に高周波電流が集中する。したがって、この面における超伝導膜の性状が高周波特性を左右する。超伝導膜の露出面側の高周波特性はBaを含まない超伝導膜、すなわち基体との界面反応が発生する超伝導膜においても、その界面側の高周波特性よりは良好な結果を示す。しかし、界面反応が発生しない場合と比較して、界面反応の影響

により、高周波特性の絶対値は劣る。これは基体との間に、多結晶体あるいは非晶質体の中間層を形成した場合でも同様である。なぜなら、上述のように多結晶体あるいは非晶質体の中間層は、界面反応を抑制する効果が弱いのである。そこで、この実施例のように、Baを含む超伝導膜を用いることで、超伝導膜の露出面側の高周波特性も良好なものとなる。

【0019】（実施例D）実施例Aにおける実施例10の超伝導用ペーストを、実施例Aと同様の手法で作製した。一方で、図5（a）に示す同軸用円柱51を準備した。同軸用円柱51は、Ba（Sn，Mg，Ta）O<sub>3</sub>系多結晶誘電体からなり、直径2.8mm、長さ18mmである。次に、図5（b）に示すように、この同軸用円柱51の両端面を除く外周に、Agからなる中間層用ペーストを塗布し、中間層用厚膜を形成し、この厚膜を850℃、1時間で焼付けて中間層52を形成した。さらに、この中間層52の上に上述の超伝導用ペーストを塗布し、超伝導用厚膜を形成し、この厚膜を実施例Aと同様の手法で焼付けて超伝導膜電極53を形成した。ここで、中間層52、超伝導膜電極53とも膜厚は10μmである。また、図6（a）に示すBa（Sn，Mg，Ta）O<sub>3</sub>系多結晶誘電体からなる誘電体ブロック61を準備した。誘電体ブロック61は、両端面が17mm×17mm、長さ18mmの直方体状であり、直径2.9mm、長さ18mmの貫通孔61aが、誘電体ブロック61の一端から他端に渡って貫通して形成されている。次に、図6（b）に示すように、誘電体ブロック61の両端面を除く外周に超伝導膜62を形成し、その上にAgからなる外装導体63を形成した。超伝導膜62、外装導体63とも膜厚は10μmである。次に、図7に示すように、図5に示した同軸用円柱51を誘電体ブロック61の貫通孔61aに挿入して同軸型の誘電体共振器70を構成した。この誘電体共振器70の共振周波数は1.9GHzであり、70Kにおける無負荷Qを測定したところ、63700を得た。また、この誘電体共振器70には、超伝導膜62上にAgからなる外装導体63が形成されている。ここで、超伝導膜62の導電率が低い室温においては、超伝導膜62だけでなく、外装導体63にも高周波電流が流れるため、外装導体63が電極として働く。これにより、誘電体共振器70は室温でも共振する。室温での無負荷Qを測定したところ、2000を得た。

【0020】なお、上述の各実施例においては、超伝導用ペーストおよび中間層用ペーストをスクリーン印刷法により塗布することで、超伝導用厚膜および中間層用厚膜を形成する場合について説明したが、例えば、スプレー法により、これらの厚膜を形成してもよい。

#### 【0021】

【発明の効果】この発明にかかる超伝導部品によれば、Ba元素を含む酸化物セラミック基体の上に、Ba元素を含むBi-Sr-Ca-Cu-O系Bi<sub>2</sub>223相超伝導膜が形成されているため、基体のBa成分が超伝導膜中に拡散しておらず、超伝導膜の超伝導特性が良好である。また、この発明にかかる誘電体共振器によれば、誘電体上に、酸化物超伝導膜電極が形成されており、前記誘電体がBa元素を含む酸化物セラミックからなり、前記酸化物超伝導膜電極がBa元素を含むBi-Sr-Ca-Cu-O系Bi<sub>2</sub>223相超伝導膜であるため、誘電体のBa成分が酸化物超伝導膜電極中に拡散しておらず、酸化物超伝導膜電極の超伝導特性が良好である。また、この発明にかかる超伝導部品の製造方法によれば、Ba元素を含む酸化物セラミック基体上に、Ba元素を含む超伝導用厚膜を焼付けて超伝導膜を形成することにより、焼付け時に、酸化物セラミック基体から超伝導膜中にBa成分が拡散することを抑制し、超伝導膜の超伝導特性を良好にすることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】比較例2および実施例10についてマイクロ波における表面抵抗の温度特性を示すグラフである。

【図2】この発明が適用され得るTM<sub>010</sub>モードの誘電体共振器の一例を示す図解図である。

【図3】表面に形成された中間層の上に、さらに超伝導膜が形成された誘電体基板を示す図解図である。

【図4】この発明が適用され得るTEモードの誘電体共振器の一例を示す図解図である。

【図5】表面に形成された中間層の上に、さらに超伝導膜が形成された誘電体円柱を示す図解図である。

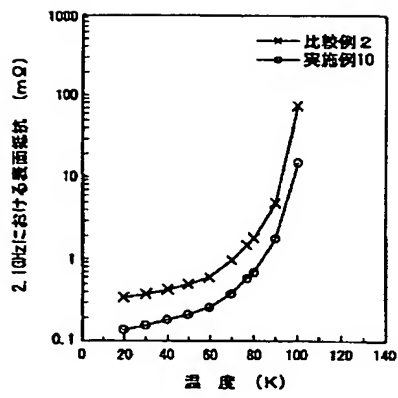
【図6】図5の誘電体円柱が挿入される貫通孔を有する誘電体角柱を示す図解図である。

【図7】この発明が適用され得る同軸型の誘電体共振器の一例を示す図解図である。

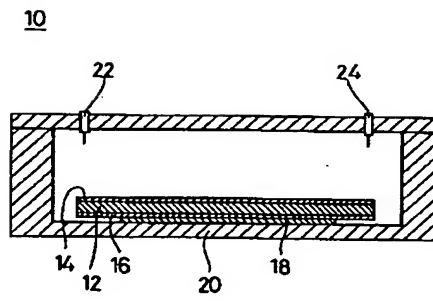
#### 【符号の説明】

- 10、40、70 誘電体共振器
- 12、31 誘電体基板
- 14、16、33、53 超伝導膜電極
- 18 ポリテトラフルオロエチレンシート
- 20 金属ケース
- 22、24 励振ケーブル
- 32、52 中間層
- 41 誘電体円柱
- 42 無酸素銅板
- 43a、43b 高周波プローブ
- 51 同軸用円柱
- 61 誘電体ブロック

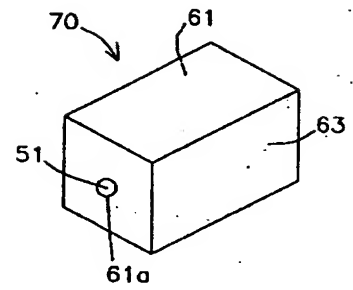
【図1】



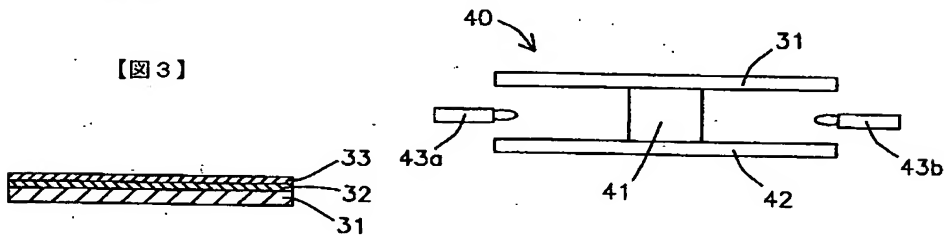
【図2】



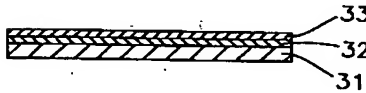
【図7】



【図4】

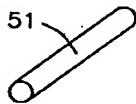


【図3】

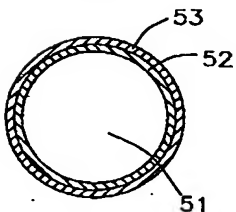


【図5】

(a)

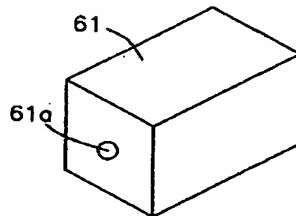


(b)

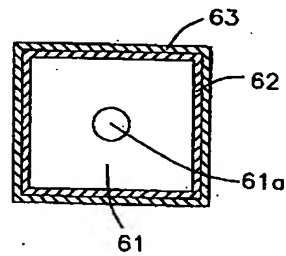


【図6】

(a)



(b)



## フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

ターコード (参考)

C O 4 B 41/89

C O 4 B 41/89

Z

41/90

41/90

B

H O 1 P 7/04

H O 1 P 7/04

7/10

7/10

Z A A

Z A A